

# ULTRASONIC FLAW DETECTING METHOD OF PIPING WELDED JOINT

Publication number: JP2001141705

Publication date: 2001-05-25

Inventor: NOGUCHI SHINJI; SHIBAYAMA MUNEAKI; IWATA MASAZUMI

Applicant: SHIKOKU ELEC POWER; SHIKOKU RES INST INC

Classification:

- international: G01N29/04; G01N29/04; (IPC1-7): G01N29/10

- european:

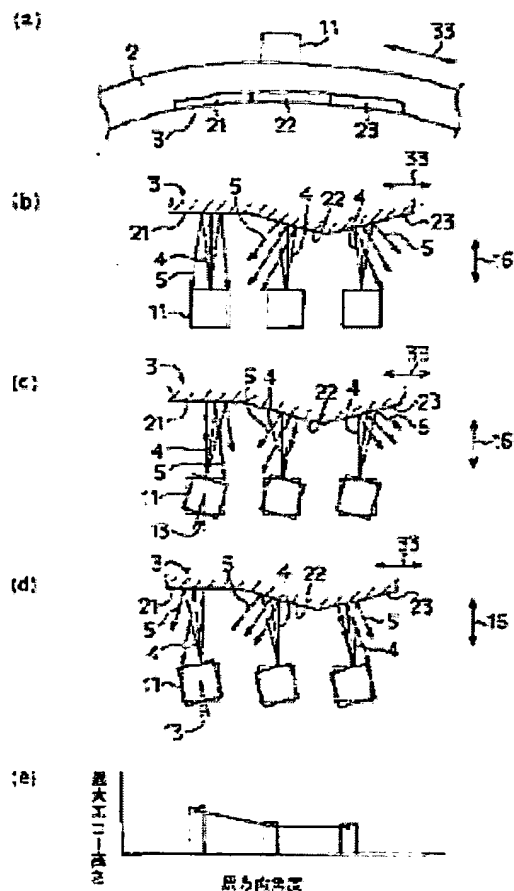
Application number: JP19990321648 19991111

Priority number(s): JP19990321648 19991111

Report a data error here

## Abstract of JP2001141705

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To precisely measure a minute crack 3 generated on the inner surface of a pipe 2. **SOLUTION:** A focusing ultrasonic probe 11 is arranged in a base position having a required distance from a welded joint on the outer surface of a pipe 2 along the pipe axial direction 16, and the ultrasonic probe 11 is scanned over the whole circumference while shifting the position by a minute pitch of 1-5 deg. in the circumferential direction 33. Three kinds of reflected waves 5 of the reflected wave 5 obtained by making an ultrasonic wave 4 incident on the welded joint 12 from the pipe axial direction 16, the reflected wave 5 obtained by making the ultrasonic wave 4 incident on the welded joint 12 with an inclination of 5-15 deg. from the pipe axial direction 16, and the reflected wave 5 obtained by making the ultrasonic wave 4 incident on the welded joint 12 with an inclination of -5 deg. to -15 deg. from the pipe axial direction 16 are measured, and the maximum value of the three reflected waves 5 from the same reaching position is adapted to estimate the shape of a crack 3.



Data supplied from the [esp@cenet](mailto:esp@cenet) database - Worldwide

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	識別記号	F I	テーマコード <sup>*</sup> (参考)
G 0 1 N 29/10	5 0 5	G 0 1 N 29/10	5 0 5 2 G 0 4 7

審査請求 未請求 請求項の数 3 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願平11-321648

(22) 出願日 平成11年11月11日 (1999. 11. 11)

(71) 出願人 000180368

四国電力株式会社

香川県高松市丸の内2番5号

(71) 出願人 000144991

株式会社四国総合研究所

香川県高松市屋島西町2109番地8

(72) 発明者 野口 新二

香川県高松市屋島西町2109番地8 株式会

社四国総合研究所内

(74) 代理人 100082670

弁理士 西脇 民雄

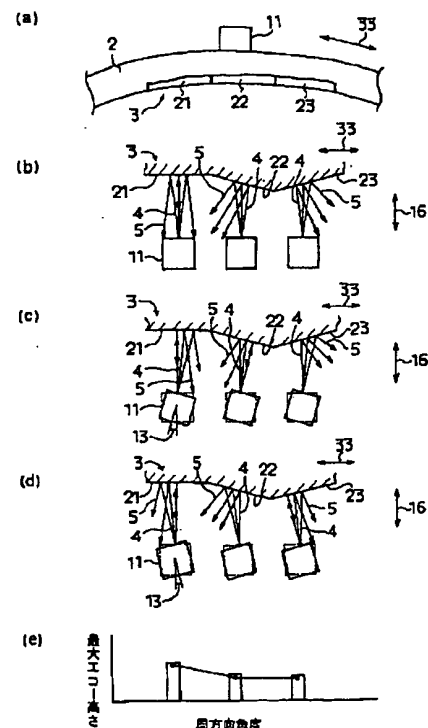
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 配管溶接継手の超音波探傷方法

(57) 【要約】

【課題】 配管2の内面に発生する微小な割れ3を精度良く計測することができるようにする。

【解決手段】 集束型超音波探触子11を配管2外面の溶接継手から管軸方向16へ所要の距離を有した基点位置に配置し、集束型超音波探触子11を円周方向33へ1°～5°の微小ピッチずつ位置を移動しつつ全周に亘り走査させ、溶接継手12に対し管軸方向16から超音波4を入射することにより得られた反射波5と、溶接継手12に対し管軸方向16から5°～15°傾斜させて超音波4を入射することにより得られた反射波5と、溶接継手12に対し管軸方向16から-5°～-15°傾斜させて超音波4を入射することにより得られた反射波5との3種類の反射波5を計測し、同一の到達位置からの上記3種類の反射波5のうちの最大値を採用して割れ3の形状を推定するようにしている。



#### 【特許請求の範囲】

【請求項1】配管の円周方向へ延びる溶接継手に対し、溶接継手に沿って円周方向へ位置を移動しつつ配管の外側から超音波を入射して割れからの反射波を検知し割れを計測する配管溶接継手の超音波探傷方法において、溶接継手近傍の割れが推測される位置と超音波の入射角とに基づき溶接継手に対し超音波探触子を置くべき基点までの距離を定め、

超音波の発散角が狭い集束型超音波探触子を配管外面の溶接継手から管軸方向へ上記距離を有した基点位置に配置し、

前記集束型超音波探触子を円周方向へ $1^{\circ} \sim 5^{\circ}$ の微小ピッチずつ位置を移動しつつ全周に亘り走査させ、溶接継手に対し管軸方向から超音波を入射することにより得られた反射波と、溶接継手に対し管軸方向から $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 傾斜させて超音波を入射することにより得られた反射波と、溶接継手に対し管軸方向から $-5^{\circ} \sim -15^{\circ}$ 傾斜させて超音波を入射することにより得られた反射波との3種類の反射波を計測し、

同一の到達位置からの上記3種類の反射波のうちの最大値を採用して割れの形状を推定することを特徴とする配管溶接継手の超音波探傷方法。

【請求項2】配管の管軸方向へ延びる溶接継手に対し、溶接継手に沿って管軸方向へ位置を移動しつつ配管の外側から超音波を入射して割れからの反射波を検知し割れを計測する配管溶接継手の超音波探傷方法において、溶接継手近傍の割れが推測される位置と超音波の入射角とに基づき溶接継手に対し超音波探触子を置くべき基点までの距離を定め、

超音波の発散角が狭い集束型超音波探触子を配管外面の溶接継手から円周方向へ上記距離を有した基点位置に配置し、

前記集束型超音波探触子を管軸方向へ所要のピッチずつ位置を移動しつつ溶接継手の全長に亘り走査させ、溶接継手に対し円周方向から超音波を入射することにより得られた反射波と、溶接継手に対し円周方向から $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 傾斜させて超音波を入射することにより得られた反射波と、溶接継手に対し円周方向から $-5^{\circ} \sim -15^{\circ}$ 傾斜させて超音波を入射することにより得られた反射波との3種類の反射波を計測し、

同一の到達位置からの上記3種類の反射波のうちの最大値を採用して割れの形状を推定することを特徴とする配管溶接継手の超音波探傷方法。

【請求項3】前記基点位置に対し管厚の0.1～0.3倍の距離だけ溶接継手に近付けた位置と、前記基点位置に対し管厚の0.1～0.3倍の距離だけ溶接継手に遠ざけた位置とを新たな基点位置として上記請求項1または請求項2の操作を行い、

必要に応じて更に、最初の基点位置に対し管厚の0.4～0.6倍の距離だけ溶接継手に近付けた位置と、最初

の基点位置に対し管厚の0.4～0.6倍の距離だけ溶接継手に遠ざけた位置とを新たな基点位置として上記請求項1または請求項2の操作を行い、

同一の位置から得られた3種類または5種類の反射波のうちの最大値を採用して割れの形状を推定することとを特徴とする請求項1または請求項2に記載の配管溶接継手の超音波探傷方法。

#### 【発明の詳細な説明】

##### 【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、配管の溶接継手のように、内表面の凹凸や引張残留応力や冶金的な変質に起因して、溶接継手近傍の内面から発生する振動疲労割れや応力腐食割れを外部から推定し、製造者においては出荷の可否を、使用者においては取り替えの要否を判断するための情報を得られるようにした配管溶接継手の超音波探傷方法に関するものである。

##### 【0002】

【従来の技術】配管に生じる割れは、その深さが管厚の $1/10$ 以上に達すると、それまでに費やした期間よりも短い期間で急激に成長し、配管を貫通するおそれがあることが知られている。そのため、深さが管厚の $1/10$ 程度以下の比較的浅い割れを検出し得るようにすることが望まれている。

【0003】配管の内面の割れに対しては、現在、超音波を入射して割れからの反射波（エコー）を検知する超音波探傷法が主流となっている。具体的には、図15

(a)に示すように、超音波探触子1を配管2の割れ3が存在する可能性の高い位置に押し当て、 $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ の拡がり（発散角）で超音波4を入射し、割れ3によって反射された反射波5の音圧の変化を図15(b)に示すような電気信号に変え、そのピーク値を計測する。そして、予め確認しておいた割れ3の深さと電気信号のピーク値との関係を参照して、上記位置における割れ3の深さを推定する。その後、上記計測を位置を変えて多数回行い、割れ3の深さと拡がりを求めて行くようにする。なお、図15中、符号6は溶接継手である。

##### 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、このような従来の超音波探傷手段では、超音波4の発散角が $20^{\circ} \sim 30^{\circ}$ の標準的な超音波探触子1が使用されているが、管厚の $1/10$ 相当の浅い割れ3、或いは、0.5mm以下の浅い割れ3から得られる音圧は低いため、信号とノイズとの判別が難しかった。

【0005】そのため、図16(a)に示すように、発散角が $5^{\circ} \sim 10^{\circ}$ と狭い集束型の超音波探触子7を使用して、割れ3から強い反射音圧を得ることも行われたが、視野が狭いため、管厚相当の距離で溶接線に近付いたり遠ざかったりする、いわゆる位置の揺らぎがある現実の割れ3を見落すことがあった。また、発散角が狭いため、多数の凹凸面を有してジグザグ状を呈している現

実の割れ3から安定した反射音圧を得ることが難しいなどの問題があり、広くは用いられなかった。

【0006】そこで、本発明の目的は、上記の問題点を解消し、配管の内面に発生する微小な割れを精度良く計測することのできる配管溶接継手の超音波探傷方法を提供することにある。

【0007】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するために、請求項1に記載された発明では、配管の円周方向へ延びる溶接継手に対し、溶接継手に沿って円周方向へ位置を移動しつつ配管の外面側から超音波を入射して割れからの反射波を検知し割れを計測する配管溶接継手の超音波探傷方法において、溶接継手近傍の割れが推測される位置と超音波の入射角とに基づき溶接継手に対し超音波探触子を置くべき基点までの距離を定め、超音波の発散角が狭い集束型超音波探触子を配管外面の溶接継手から管軸方向へ上記距離を有した基点位置に配置し、前記集束型超音波探触子を円周方向へ $1^{\circ} \sim 5^{\circ}$ の微小ピッチずつ位置を移動しつつ全周に亘り走査させ、溶接継手に対し管軸方向から超音波を入射することにより得られた反射波と、溶接継手に対し管軸方向から $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 傾斜させて超音波を入射することにより得られた反射波との3種類の反射波を計測し、同一の到達位置からの上記3種類の反射波のうちの最大値を採用して割れの形状を推定することを特徴としている。

【0008】このように構成された請求項1にかかる発明によれば、集束型超音波探触子を用いることにより、割れから高い反射音圧が得られるので、信号とノイズとを確実に判別して微小な割れを検知することができるようになる。

【0009】集束型超音波探触子を円周方向へ $1^{\circ} \sim 5^{\circ}$ の微小ピッチずつ位置を移動しつつ全周に亘り走査させることにより、全周を漏れなく計測することが可能となる。

【0010】超音波を管軸方向から入射した反射波と、管軸方向から $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 傾斜させて入射した反射波と、管軸方向から $-5^{\circ} \sim -15^{\circ}$ 傾斜させて入射した反射波との3種類の反射波のうちの最大値を採用することにより、ジグザグ状を呈している現実の割れから安定した反射音圧を得ることができるようになる。

【0011】以上により、配管の内面に発生する微小な割れを確実に精度良く計測することが可能となる。

【0012】請求項2に記載された発明では、配管の管軸方向へ延びる溶接継手に対し、溶接継手に沿って管軸方向へ位置を移動しつつ配管の外面側から超音波を入射して割れからの反射波を検知し割れを計測する配管溶接継手の超音波探傷方法において、溶接継手近傍の割れが推測される位置と超音波の入射角とに基づき溶接継手に

対し超音波探触子を置くべき基点までの距離を定め、超音波の発散角が狭い集束型超音波探触子を配管外面の溶接継手から円周方向へ上記距離を有した基点位置に配置し、前記集束型超音波探触子を管軸方向へ所要のピッチずつ位置を移動しつつ溶接継手の全長に亘り走査させ、溶接継手に対し円周方向から超音波を入射することにより得られた反射波と、溶接継手に対し円周方向から $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 傾斜させて超音波を入射することにより得られた反射波と、溶接継手に対し円周方向から $-5^{\circ} \sim -15^{\circ}$ 傾斜させて超音波を入射することにより得られた反射波との3種類の反射波を計測し、同一の到達位置からの上記3種類の反射波のうちの最大値を採用して割れの形状を推定することを特徴としている。

【0013】このように構成された請求項2にかかる発明によれば、集束型超音波探触子を用いることにより、割れから高い反射音圧が得られるので、信号とノイズとを確実に判別して微小な割れを検知することができるようになる。

【0014】集束型超音波探触子を管軸方向へ所要のピッチずつ位置を移動しつつ溶接継手の全長に亘り走査させることにより、溶接継手の全長を漏れなく計測することが可能となる。

【0015】超音波を円周方向から入射した反射波と、円周方向から $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 傾斜させて入射した反射波と、円周方向から $-5^{\circ} \sim -15^{\circ}$ 傾斜させて入射した反射波との3種類の反射波のうちの最大値を採用することにより、ジグザグ状を呈している現実の割れから安定した反射音圧を得ることができるようになる。

【0016】以上により、配管の内面に発生する微小な割れを確実に精度良く計測することが可能となる。

【0017】請求項3に記載された発明では、前記基点位置に対し管厚の $0.1 \sim 0.3$ 倍の距離だけ溶接継手に近付けた位置と、前記基点位置に対し管厚の $0.1 \sim 0.3$ 倍の距離だけ溶接継手に遠ざけた位置とを新たな基点位置として上記請求項1または請求項2の操作を行い、必要に応じて更に、最初の基点位置に対し管厚の $0.4 \sim 0.6$ 倍の距離だけ溶接継手に近付けた位置と、最初の基点位置に対し管厚の $0.4 \sim 0.6$ 倍の距離だけ溶接継手に遠ざけた位置とを新たな基点位置として上記請求項1または請求項2の操作を行い、同一の位置から得られた3種類または5種類の反射波のうちの最大値を採用して割れの形状を推定することを特徴としている。

【0018】このように構成された請求項3にかかる発明によれば、基点位置を管軸方向へ変えて上記請求項1または請求項2の操作を行うことにより、管厚相当の範囲に対し、計測を行うことが可能となる。よって、溶接線に近付いたり遠ざかったりする、いわゆる位置の揺らぎがある現実の割れを漏れなく計測することが可能となる。

#### 【0019】

【発明の実施の形態】以下、本発明の具体的な実施の形態について、図示例と共に説明する。

【0020】図1～図5は、この発明の実施の形態を示すものである。なお、前記従来例と同一ないし均等な部分については、同一の符号を付すことにより説明を省略する。

【0021】この実施の形態に使用する配管溶接継手の超音波探傷装置は、超音波4の発散角が狭い集束型超音波探触子11と、特に図示しないが、該集束型超音波探触子11を溶接継手12に沿って移動する移動用駆動部と、該移動用駆動部を制御する移動部制御部と、前記集束型超音波探触子11を溶接継手12に対して傾斜させる回転駆動部と、該回転駆動部を制御する駆動部制御部と、反射波5の最大値を求める音圧信号ピーク値 $A/D$ 変換部と、反射波5の音圧信号と集束型超音波探触子11の傾斜角13とを記録する記録部と、反射波5の音圧信号と集束型超音波探触子11の傾斜角13とをプロットするプロット部と、各種設定パネルなどを備えている。

【0022】そして、配管2の円周方向33へ延びる溶接継手12に対し、溶接継手12に沿って円周方向33へ位置を移動しつつ配管2の外側から超音波4を入射して割れ3からの反射波5を検知し割れ3を計測する場合に、図2(a)に示すように、溶接継手12近傍の割れ3が推測される位置と超音波4の入射角とに基づき溶接継手12に対し超音波探触子1を置くべき基点位置14までの距離15を定める。

【0023】次に、超音波4の発散角が狭い集束型超音波探触子11を配管2外面の溶接継手12から管軸方向16へ上記距離15を有した基点位置14に配置し、前記集束型超音波探触子11を円周方向33へ $1^{\circ} \sim 5^{\circ}$ の微小ピッチずつ位置を移動しつつ全周に亘り走査させる。

【0024】そして、図1(b)に示すように、溶接継手12に対し管軸方向16(溶接継ぎ手12垂直な方向)から超音波4を入射し、反射波5を得る。また、図1(c)に示すように、溶接継手12に対し管軸方向16から $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 傾斜させて超音波4を入射し、反射波5を得る。更に、図1(d)に示すように、溶接継手12に対し管軸方向16から $-5^{\circ} \sim -15^{\circ}$ 傾斜させて超音波4を入射し、反射波5を得る。以上により、ほぼ同一の到達位置からの上記3種類の反射波5を計測する。

【0025】この場合、一箇所、管軸方向16から超音波4を入射する操作と、管軸方向16から $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 傾斜させて超音波4を入射する操作と、管軸方向16から $-5^{\circ} \sim -15^{\circ}$ 傾斜させて超音波4を入射する操作との全てを行ってから、集束型超音波探触子11を円周方向33へ走査させるようにしても良い。

【0026】或いは、管軸方向16から超音波4を入射する操作を行いつつ集束型超音波探触子11を円周方向33へ走査した後、管軸方向16から $5^{\circ} \sim 15^{\circ}$ 傾斜させて超音波4を入射する操作を行いつつ集束型超音波探触子11を円周方向33へ走査させ、最後に、管軸方向16から $-5^{\circ} \sim -15^{\circ}$ 傾斜させて超音波4を入射する操作を行いつつ集束型超音波探触子11を円周方向33へ走査させるようにしても良い。

【0027】なお、集束型超音波探触子11を傾斜させた場合の集束型超音波探触子11の位置は、集束型超音波探触子11を傾斜させたことによる超音波4の到達位置に修正しておく。

【0028】但し、集束型超音波探触子11の傾斜角13が小さい場合や、集束型超音波探触子11の入射角が $45^{\circ}$ 以下の場合には、集束型超音波探触子11の傾斜による超音波4の到達位置と集束型超音波探触子11の位置とのズレ量は小さいので、位置の修正操作は省略しても良い。また、比較的深い割れ3を対照とする場合には、割れ3の長さの計測誤差の許容範囲が大きいので、位置の修正操作は省略できる。

【0029】そして、最後に、図1(e)に示すように、ほぼ同一の到達位置からの上記3種類の反射波5のうちの最大値を採用して、割れ3と位置との関係をプロットすることにより、割れ3の形状を推定する。

【0030】更に、上記に加えて、前記基点位置14に対し管厚の0.1～0.3倍の距離だけ溶接継手12に近付けた位置17と、前記基点位置14に対し管厚の0.1～0.3倍の距離だけ溶接継手12から遠ざけた位置18とを新たな基点位置としてそれぞれ上記操作を行う。

【0031】必要に応じて更に、最初の基点位置14に対し管厚の0.4～0.6倍の距離だけ溶接継手12に近付けた位置19と、最初の基点位置14に対し管厚の0.4～0.6倍の距離だけ溶接継手12から遠ざけた位置20とを新たな基点位置としてそれぞれ上記操作を行う。

【0032】そして、同一の位置から得られた3種類または5種類の反射波5のうちの最大値を採用して割れ3の形状を推定する。

【0033】次に、この実施の形態の作用について説明する。

【0034】配管溶接継手12の超音波探傷装置は、図1、図2に示すように、集束型超音波探触子11が発散角の狭い超音波4を配管2へ入射し、溶接継手12近傍に発生した割れ3からの反射波5を受信する。集束型超音波探触子11は、ビームの拡がりほぼ一定しており、図3に示すように、約 $\pm 10^{\circ}$ の指向性を有している。移動部制御部は移動用駆動部へ制御信号を送って集束型超音波探触子11を溶接継手12に沿って所要のピッチずつ移動させる。駆動部制御部は回転駆動部へ制御

信号を送って集束型超音波探触子11を傾斜させる。

【0035】そして、音圧信号ピーク値A/D変換部が、同一位置についての反射波5のうちの最大値を求める。更に、記録部が反射波5の音圧信号と集束型超音波探触子11の傾斜角13とを記録し、プロット部がこれをプロットする。

【0036】このように、集束型超音波探触子11を用いることにより、割れ3から高い反射音圧が得られるので、信号とノイズとを確実に判別して微小な割れ3を検知することができるようになる。

【0037】集束型超音波探触子11を円周方向33へ $1^{\circ}$ ～ $5^{\circ}$ の微小ピッチずつ位置を移動しつつ全周に亘り走査させることにより、全周を漏れなく計測することが可能となる。

【0038】超音波4を管軸方向16から入射した反射波5と、管軸方向16から $5^{\circ}$ ～ $15^{\circ}$ 傾斜させて入射した反射波5と、管軸方向16から $-5^{\circ}$ ～ $-15^{\circ}$ 傾斜させて入射した反射波5との3種類の反射波5のうちの最大値を採用することにより、多数の凹凸面を有してジグザグ状を呈している現実の割れ3から安定した反射音圧を得ることができるようになる。

【0039】即ち、現実の割れ3は、図1に示すように、直径1mm～5mmの小平面21～23の集合体となっており、約半数は、溶接継手12に対し $10^{\circ}$ 以上の傾きを有しているが、そのほとんどは $20^{\circ}$ 以内の傾きとなっているので、超音波4を管軸方向16から $\pm 5^{\circ}$ ～ $\pm 15^{\circ}$ 傾斜させて入射させることにより、ほとんどの割れ3を計測することが可能となる。なお、図4に示すように、超音波4を傾斜させずに入射させるのみであると、 $10^{\circ}$ 以上の傾きを有する割れ3から十分な反射音圧を得ることができない。

【0040】以上により、配管2の内面に発生する微小な割れ3を確実に精度良く計測することが可能となる。

【0041】また、基点位置14を、管厚の $\pm 0.1$ ～ $\pm 0.3$ 倍、或いは更に、管厚の $\pm 0.4$ ～ $\pm 0.6$ 倍管軸方向16へ変えて上記の操作を行うことにより、管厚相当の範囲に対し、計測を行うことが可能となる。よって、図5に示すように、溶接弱点部の軸方向のバラツキに依存して溶接線（溶接継手12）に近付いたり遠ざかったりする、いわゆる位置の揺らぎ（イ≠ロ≠ハ≠ニ）がある現実の割れ3を漏れなく計測することが可能となる。なお、溶接弱点部とは、開先の溶け込み不足や、溶接止端部の突出や、溶接中に $400^{\circ}\text{C}$ ～ $600^{\circ}\text{C}$ の温度域に長時間保たれたことにより生じた変質部などである。

【0042】なお、本発明の他の実施の形態として、配管2の管軸方向16へ延びる溶接継手12に対し、溶接継手12に沿って管軸方向16へ位置を移動しつつ配管2の外側から超音波4を入射して割れ3からの反射波

5を検知し割れ3を計測する場合に適用することが可能である。

【0043】この場合には、溶接継手12近傍の割れ3が推測される位置と超音波4の入射角とに基づき溶接継手12に対し超音波探触子1を置くべき基点位置14までの距離15を定め、超音波4の発散角が狭い集束型超音波探触子11を配管2外面の溶接継手12から円周方向33へ上記距離15を有した基点位置14に配置し、前記集束型超音波探触子11を管軸方向16へ微小ピッチ、例えば、1mm～2mmずつ位置を移動しつつ溶接継手12の全長に亘り走査させ、溶接継手12に対し円周方向33から超音波4を入射することにより得られた反射波5と、溶接継手12に対し円周方向33から $5^{\circ}$ ～ $15^{\circ}$ 傾斜させて超音波4を入射することにより得られた反射波5と、溶接継手12に対し円周方向33から $-5^{\circ}$ ～ $-15^{\circ}$ 傾斜させて超音波4を入射することにより得られた反射波5との3種類の反射波5を計測し、ほぼ同一の到達位置からの上記3種類の反射波5のうちの最大値を採用して、割れ3と位置との関係をプロットすることにより、割れ3の形状を推定するようにする。

【0044】このように、配管2の管軸方向16へ延びる溶接継手12に対して適用した場合でも、集束型超音波探触子11を用いることにより、割れ3から高い反射音圧が得られるので、信号とノイズとを確実に判別して微小な割れ3を検知することができるようになる。

【0045】集束型超音波探触子11を管軸方向16へ微小ピッチずつ位置を移動しつつ溶接継手12の全長に亘り走査させることにより、溶接継手12の全長を漏れなく計測することが可能となる。

【0046】超音波4を円周方向33から入射した反射波5と、円周方向33から $5^{\circ}$ ～ $15^{\circ}$ 傾斜させて入射した反射波5と、円周方向33から $-5^{\circ}$ ～ $-15^{\circ}$ 傾斜させて入射した反射波5との3種類の反射波5のうちの最大値を採用することにより、ジグザグ状を呈している現実の割れ3から安定した反射音圧を得ることができるようになる。

【0047】以上により、配管2の内面に発生する微小な割れ3を確実に精度良く計測することが可能となる。

【0048】

【実施例】以下に、本発明の実施例を説明する。

（実施例1）呼び径が20mm、耐圧が160キロの配管2の内面に深さが、それぞれ、0.5mm、1.0mm、1.5mm、2.0mm、2.5mm、3.0mm、幅が0.5mmのスリット状の人工欠陥を設け、配管2の外側に対し、入射角が $70^{\circ}$ 、焦点直径が2mm、深さ方向表現の焦点距離が2mm～8mmの集束型超音波探触子11を押し当てて、配管2の円周上を $1^{\circ}$ おきに移動させ、上記スリットを狙って超音波4を送受信して、反射波5の音圧信号のピーク値を記録した。

【0049】その結果、図6に示すように、ノイズが数%であり、0.5mmの深さのスリットが明確に認識できることが確認された。

【0050】一方、比較例として、発散角の広い標準の超音波探触子1を用いた場合には、図7に示すように、dB表示のCRT画面上で20%高さのノイズが見られ、0.5mmの深さのスリットは、ノイズに隠されて検出できないことが確認された。

(実施例2) 呼び径が20mm、耐圧が160キロのステンレスパイプとソケットとで溶接継手12を作り、濃度が42%で沸騰状態の塩化マグネシウム水溶液に1.5時間浸漬した。この配管2に対し、実施例1で用いた集束型超音波探触子11を用い、集束型超音波探触子11の傾斜角13が±10°、円周方向33の移動距離(角)が10°の条件で走査させた。

【0051】その結果、図8に示すように、円周角10°～100°の位置で比較的高い反射波5を得た。割れ3の最大深さは2.0mm(100%の位置が2mmに相当する)、応力腐食割れ3の長さは角度表示で75°となった。これは、図9に示すように、配管2を切断し顕微鏡観察して得られた割れ3の深さとほぼ一致した。一方、集束型超音波探触子11を傾斜させずに用いた場合には、図10に示すように、十分な反射音圧が得られず、しかも、60°や80°の位置で割れ3が検出されなかった。

(実施例3) 呼び径が20mm、耐圧が160キロのステンレスパイプとソケットとで溶接継手12を作り、濃度が42%で沸騰状態の塩化マグネシウム水溶液に1.0時間浸漬した。この配管2に対し、実施例1で用いた集束型超音波探触子11を用い、集束型超音波探触子11の傾斜角13が±10°、円周方向33の移動距離(角)が1°の条件で走査させた。

【0052】その結果、図11に示すように、円周角270°～360°の位置でノイズの2倍となる反射波5を得た。校正線図より、割れ3の最大深さは0.6mm(100%の位置が2mmに相当する)となった。これは、図12に示すように、配管2を切断し顕微鏡観察して得られた割れ3の深さ0.25mmと比較的近いものであった。

【0053】一方、比較実施例として、集束型超音波探触子11を傾斜させずに計測した場合には、図13に示すように、割れ3の存在が示唆される程度であり、発散角の広い標準の超音波探触子1を用いた場合には、図14に示すように、ノイズに埋もれていた。

【0054】

【発明の効果】以上説明してきたように、請求項1の発明によれば、集束型超音波探触子を用いることにより、割れから高い反射音圧が得られるので、信号とノイズとを確実に判別して微小な割れを検知することができるようになる。

【0055】集束型超音波探触子を円周方向へ1°～5°の微小ピッチずつ位置を移動しつつ全周に亘り走査させることにより、全周を漏れなく計測することが可能となる。

【0056】超音波を管軸方向から入射した反射波と、管軸方向から5°～15°傾斜させて入射した反射波と、管軸方向から-5°～-15°傾斜させて入射した反射波との3種類の反射波のうちの最大値を採用することにより、ジグザグ状を呈している現実の割れから安定した反射音圧を得ることができるようになる。

【0057】以上により、配管の内面に発生する微小な割れを確実に精度良く計測することが可能となる。

【0058】請求項2の発明によれば、集束型超音波探触子を用いることにより、割れから高い反射音圧が得られるので、信号とノイズとを確実に判別して微小な割れを検知することができるようになる。

【0059】集束型超音波探触子を管軸方向へ所要のピッチずつ位置を移動しつつ溶接継手の全長に亘り走査させることにより、溶接継手の全長を漏れなく計測することが可能となる。

【0060】超音波を円周方向から入射した反射波と、円周方向から5°～15°傾斜させて入射した反射波と、円周方向から-5°～-15°傾斜させて入射した反射波との3種類の反射波のうちの最大値を採用することにより、ジグザグ状を呈している現実の割れから安定した反射音圧を得ることができるようになる。

【0061】以上により、配管の内面に発生する微小な割れを確実に精度良く計測することが可能となる。

【0062】請求項3の発明によれば、基点位置を管軸方向へ変えて上記請求項1または請求項2の操作を行うことにより、管厚相当の範囲に対し、計測を行うことが可能となる。よって、溶接線に近付いたり遠ざかったりする、いわゆる位置の揺らぎがある現実の割れを漏れなく計測することが可能となる、という実用上有益な効果を発揮し得る。

【図面の簡単な説明】

【図1】(a)～(e)は本発明の実施の形態にかかる集束型超音波探触子を用いた探傷方法を示す図である。

【図2】(a)は本発明の実施の形態にかかる集束型超音波探触子を用いて配管溶接継手の割れを計測している状態を示す部分拡大側方断面図、(b)は(a)の超音波と反射波の波形を示すグラフである。

【図3】集束型超音波探触子の指向性を示すグラフである。

【図4】(a)(b)は比較例として集束型超音波探触子を傾斜させない場合の図1と同様の図である。

【図5】溶接継手近傍の割れの位置の揺らぎを示す斜視図である。

【図6】実施例1にかかるスリット状人工欠陥からの反射波を示すグラフである。

【図 7】実施例 1 の比較例にかかるスリット状人工欠陥からの反射波を示すグラフである。

【図 8】実施例 2 にかかる典型的な応力腐食割れからの反射波を示すグラフである。

【図 9】典型的な応力腐食割れの顕微鏡観察による形状を示すグラフである。

【図 10】実施例 2 の比較例にかかる典型的な応力腐食割れからの反射波を示すグラフである。

【図 11】実施例 3 にかかる微小な応力腐食割れからの反射波を示すグラフである。

【図 12】微小な応力腐食割れの顕微鏡観察による形状を示すグラフである。

【図 13】実施例 3 の比較例にかかる集束型超音波探触子を傾斜させない場合の微小な応力腐食割れからの反射波を示すグラフである。

【図 14】実施例 3 の比較例にかかる標準的な超音波探触子を用いた場合の微小な応力腐食割れからの反射波を示すグラフである。

【図 15】(a) は標準的な超音波探触子を用いて配管溶接継手の割れを計測している状態を示す従来例の部分拡大側方断面図、(b) は (a) の超音波と反射波の波形を示すグラフである。

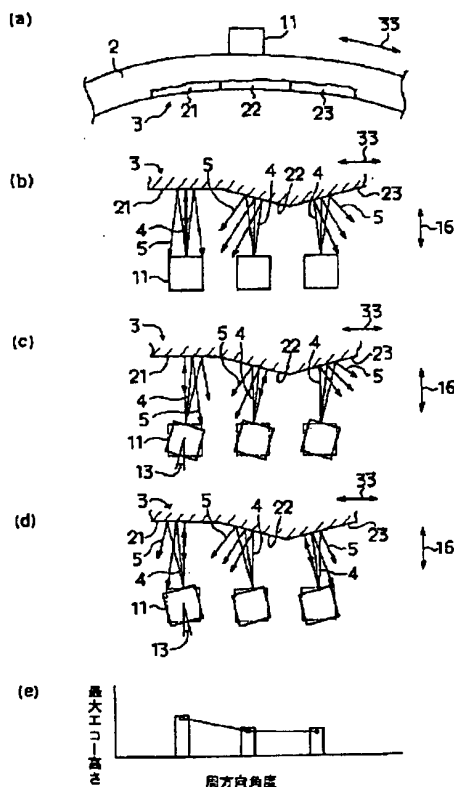
形を示すグラフである。

【図 16】(a) は集束型の超音波探触子を用いて配管溶接継手の割れを計測している状態を示す従来例の部分拡大側方断面図、(b) は (a) の超音波と反射波の波形を示すグラフである。

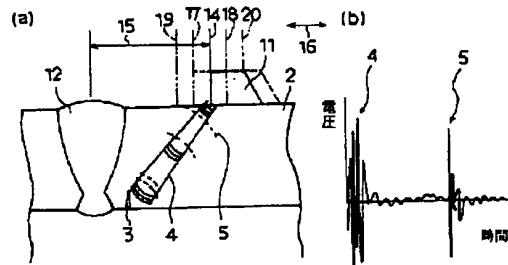
【符号の説明】

- 2 配管
- 3 割れ
- 4 超音波
- 5 反射波
- 11 集束型超音波探触子
- 12 溶接継手
- 13 傾斜角
- 14 基点位置
- 15 距離
- 16 管軸方向
- 17 位置
- 18 位置
- 19 位置
- 20 位置
- 33 円周方向

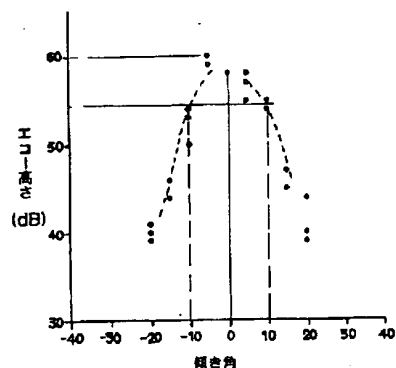
【図 1】



【図 2】

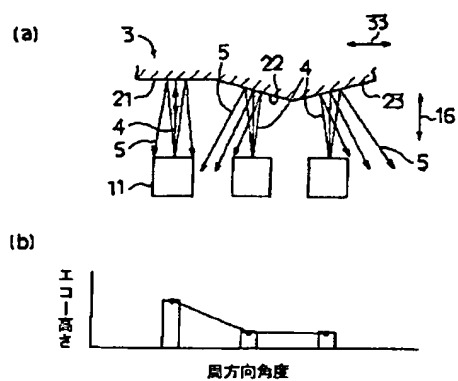


【図 3】

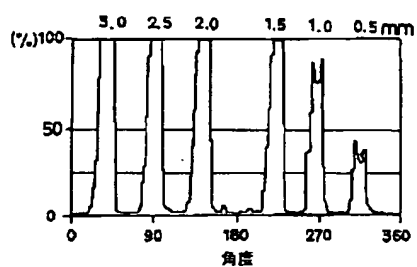




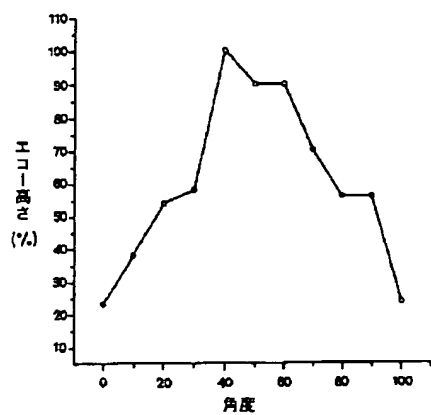
【図4】



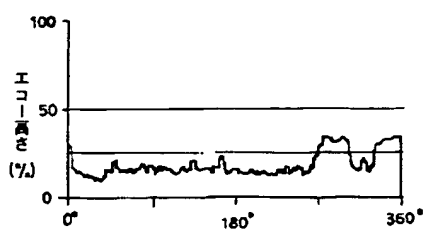
【図6】



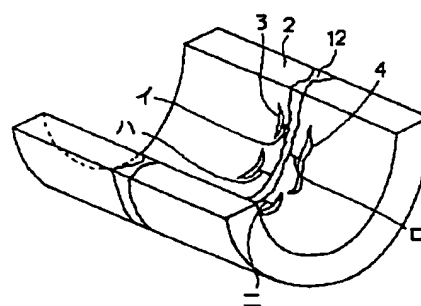
【図8】



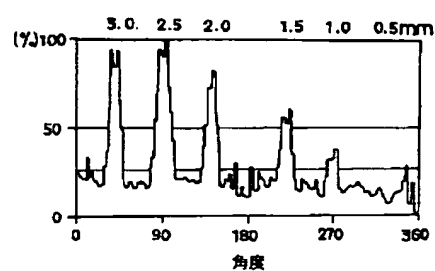
【図11】



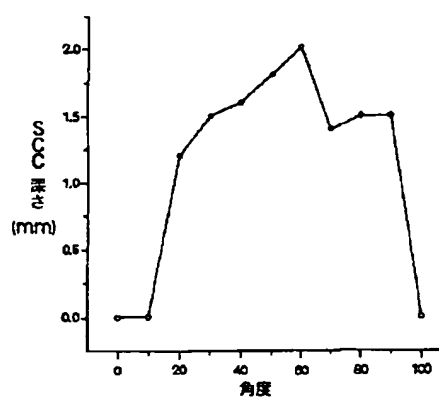
【図5】



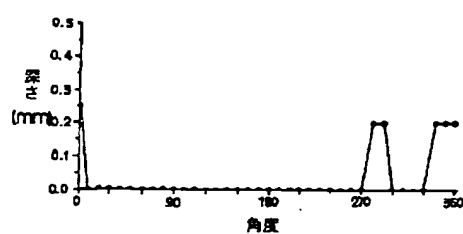
【図7】



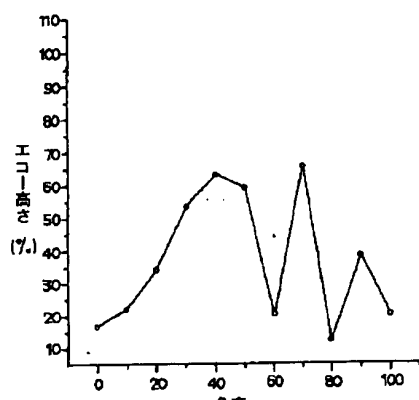
【図9】



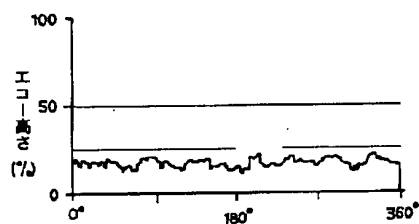
【図12】



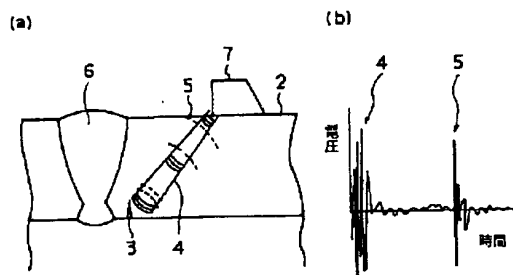
【図10】



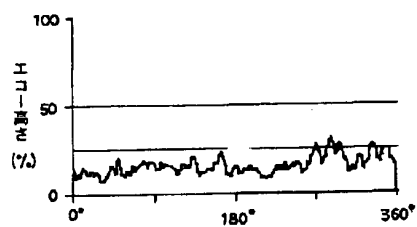
【図14】



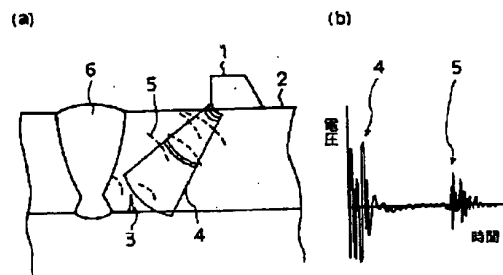
【図16】



【図13】



【図15】



フロントページの続き

(72)発明者 芝山 宗昭  
香川県高松市屋島西町2109番地8 株式会  
社四国総合研究所内

(72)発明者 岩田 正純  
香川県高松市屋島西町2109番地8 株式会  
社四国総合研究所内

Fターム(参考) 2G047 AA07 AB01 AB07 BA03 BB02  
BC07 BC10 BC11 DB17 EA10  
EA11 GB24 GF31 GG09 GG24